

**REMOVAL OF AEROSOL BY RADIATION EFFECT****Patent number:** JP7024357**Publication date:** 1995-01-27**Inventor:** NISHIO GUNJI; TAKADA JUNICHI; NARUTOMI MITSUO; MURATA MIKIO; ABE HITOSHI**Applicant:** JAPAN ATOMIC ENERGY RES INST**Classification:**

- **international:** B03C3/00; B03C3/01; B03C3/38; B03C3/40; B03C3/00; B03C3/34; B03C3/40; (IPC1-7): B03C3/38; B03C3/00; B03C3/01

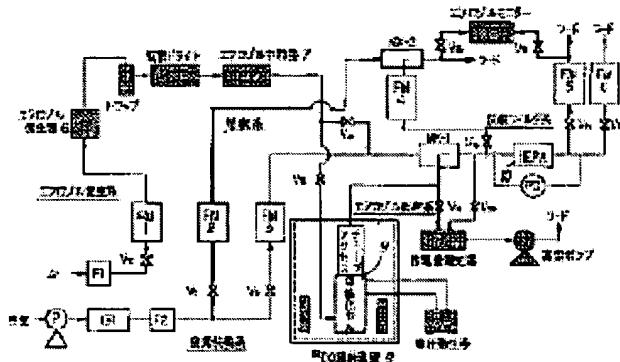
- **european:** B03C3/38C

**Application number:** JP19930173288 19930713**Priority number(s):** JP19930173288 19930713**Also published as:**

 US5476538 (A1)

**Report a data error here****Abstract of JP7024357**

**PURPOSE:** To remove aerosol particles efficiently by ionizing gas as a positive/ negative ion pair by irradiating an atmospheric gas with radiation, then allowing either of these ions to act on an aerosol to charge the aerosol particles electrically, and allowing the aerosol particles to deposit or to be captured. **CONSTITUTION:** An ion pair ionized by radiation is separated as a positive and a negative ion, then an aerosol is allowed to act on the separated and single polarized ion, and the aerosol is separated. Thus, the aerosol is removed efficiently by allowing it to deposit or be captured by a filter. That is, DOP (dioctyl phthalate) is stored in a dispensing syringe-type pump and then is supplied to an aerosol generator 6. In this case, large-size particles of sprayed aerosol are trapped and particles gasified to the size of 1μm or below generate. In addition, the electric charge of the particle is neutralized by allowing the aerosol to pass through an aerosol neutralizer 7 as the atomized aerosol may possibly be electrically charged, and further, the particles are allowed to pass through the single polarized cell 9 of an irradiation device 8.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (JP)

**(12) 公開特許公報 (A)**

(11) 特許出願公開番号

**特開平7-24357**

(43) 公開日 平成7年(1995)1月27日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup> B 03 C 3/38 3/00 3/01	識別記号 8925-4D J 8925-4D 8925-4D	序内整理番号 F I B 03 C 3/ 01	技術表示箇所 Z
--	---	-------------------------------	-------------

審査請求 未請求 請求項の数3 O.L (全8頁)

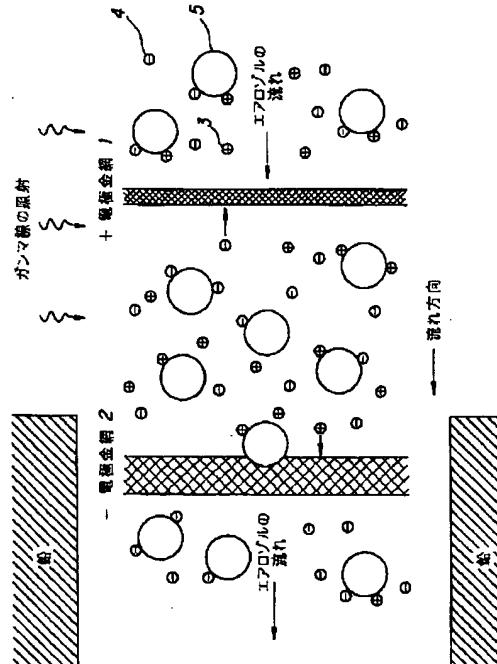
(21) 出願番号 特願平5-173288	(71) 出願人 000004097 日本原子力研究所 東京都千代田区内幸町2丁目2番2号
(22) 出願日 平成5年(1993)7月13日	(72) 発明者 西尾 軍治 茨城県那珂郡東海村白方字白根2番地の4 日本原子力研究所東海研究所内
	(72) 発明者 高田 準一 茨城県那珂郡東海村白方字白根2番地の4 日本原子力研究所東海研究所内
	(72) 発明者 成富 満夫 茨城県那珂郡東海村白方字白根2番地の4 日本原子力研究所東海研究所内
	(74) 代理人 弁理士 湯浅 恒三 (外6名) 最終頁に統ぐ

(54) 【発明の名称】 放射線効果によるエアロゾルの除去方法

(57) 【要約】

【目的】 工業的規模のエアロゾル除去、例えば、半導体などの電子工業やバイオテクノロジー産業のクリンルーム、火力発電所や一般工業の排煙処理、低放射能レベルの可燃性廃棄物の焼却処理、焼却処理が困難であった中放射能レベルの可燃性廃棄物の焼却炉におけるエアロゾルの除去。

【構成】 放射線を雰囲気ガスに照射してガスを正負のイオン対に電離させ、この電離イオン対を正と負のイオンに分離してどちらか一方のイオンをエアロゾルに作用させ、このイオンをエアロゾル上に帯電させて単極に荷電したエアロゾル粒子を生成させ、この帯電したエアロゾル粒子を影像力(静電気力)作用により物体の表面に沈着させるか、又は逆の極性の電極若しくはHEPAフィルタに捕集することにより、エアロゾル粒子を極めて効率において除去する方法である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 放射線により電離したイオン対を正と負に分離し、分離した単極化イオンにエアロゾルを作用させた後、これを分離処理することにより高い効率でエアロゾルを沈着又はフィルタなどに捕集除去する方法。

【請求項2】 エアロゾルを含有する雰囲気ガスに放射線を照射してガスを正負のイオン対に電離させ、この電離イオン対を正と負のイオンに分離してどちらか一方のイオンを前記放射線照射されたエアロゾルに作用させ、このイオンをエアロゾル上に作用させて単極に荷電したエアロゾル粒子を生成させ、この単極荷電アロゾル粒子の静電気力作用により物体の表面に沈着させるか、又は逆の極性の電極に捕集することを特徴とする、請求項1に記載の方法。

【請求項3】 放射線照射下にある多孔電極と放射線遮蔽された多孔電極との間に直流電圧をかけ、照射下にある電極から遮蔽された電極の方向にエアロゾルを流して、両電極を持つ単極化セル内において放射線で電離された正と負のイオンの流れを形成し、この電離したイオンを単極化セル内でエアロゾル粒子と衝突させて帶電エアロゾル粒子を生成させ、この帶電したエアロゾル粒子を前記遮蔽された電極に通して、その電極の極性が負であれば正イオンが帶電したエアロゾル粒子を、又その極性が正であれば負イオンを帶電した粒子を電極上に沈着捕集し、電極を通過した位置ではその電極の極性と同じ単極化したイオンが大量に存在することにより、エアロゾル粒子と単極化イオンが衝突して正或いは負に単極化した帶電エアロゾルを生成させ、この単極帶電エアロゾルを静電気力作用により物体の表面に沈着させるか、又は逆の極性の電極若しくはフィルタなどに捕集することを特徴とする、請求項1又は請求項2に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、放射線をエアロゾル含有雰囲気ガスに照射してガスを正負のイオン対に電離させ、この電離イオン対のどちらか一方をブラウン運動によりエアロゾルに衝突させてエアロゾル粒子を単極に帶電させ、この帶電したエアロゾル粒子を逆の極性の電極により沈着又はフィルタなどにより捕集除去することに関するものである。

【0002】 なお、放射線を雰囲気ガスに照射すると、雰囲気ガスの分子から電子がはじき出されて分子イオンはプラスイオンになり、又電子はマイナスイオンになることによりイオン対が発生する。

【0003】 エアロゾルにガンマ線を照射して帶電エアロゾルを製造し、放射線遮蔽された多孔電極を通過させると、0.4 μm以上の範囲の粒子に対して、HEPA (High Efficiency Air Filter) フィルタの捕集率を上回る沈着率が得られた。更に、帶電エアロゾルをHEPAフィルタに流すと帶電粒

子の影像力により捕集効率がフィルタ固有の効率より～10000倍程向上した。このHEPAフィルタは、極めて細いガラス繊維でできたフィルタで、10 μm以下の粒子を高性能の効率(99.97%以上)で捕集できるものである。又、影像力(静電気力)とは、帶電したエアロゾル粒子が無荷電の物質に近づくと、その物質の表面を逆の極性に分極して粒子を物質の表面に捕捉する力である。

【0004】 ガンマ線や電子線の照射領域は広いので、10この成果は工業的規模のエアロゾル除去の観点から広い波及効果を期待できる。例えば、半導体などの電子工業やバイオテクノロジー産業のクリンルームに利用できるだけでなく、高い濃度のエアロゾル処理にも適用できるので、火力発電所や一般工業の排煙処理などに利用できる。更に、原子力の分野では、低い放射能レベル放射能の可燃性廃棄物の焼却処理のみならず、焼却処理が困難であった中放射能レベルの廃棄物焼却炉にも利用できる見込みを得ている。

## 【0005】

## 【従来の技術】

(a) コロナ放電法による帶電エアロゾルの製造 一般的に、帶電エアロゾルはコロナ放電でつくられる。コロナ放電では、板電極と線電極の間に強い直流電場をかけて線電極の狭い領域で放電を起こし、雰囲気ガスを電離する。線電極に負の電位を与えた場合には、放電した正イオンは線電極に、逆に電子は板(円筒)電極に向かって運動する。

【0006】 電位の強さは線電極からの距離で急減するので、電子が板電極の方向に移動するにつれて速度が小さくなり、ブラウン運動により電子が雰囲気ガスに衝突して負イオンを形成する。放電の領域は小さいので、エアロゾルを電場内に導くとエアロゾル粒子は負イオンと衝突してマイナスに帶電する。コロナ放電は強い電場が必要で、装置の大型化が困難である。したがって、エアロゾルの大量処理には本質的に不適である。

## 【0007】 (b) アルファ線単極化法による単極化エアロゾルの製造

アルファ線を利用して単極化エアロゾルを製造する研究が報告されている。この方法は、高さ10cm程度の小型容器の底と上部に電極を配置し、弱い直流電場をかける。容器底の電極上には、アルファ線源が取り付けられている。アルファ線で電離した正負イオン対は、電極の極性によりどちらか一方のイオンがアルファ線の飛程(約4cm)外に移動し、容器の上部を流れるエアロゾルと混合して粒子を単極に荷電させる。この研究では、単極化したエアロゾルをフィルタに流して影像力の効果を実験的に決定し、フィルタに対する荷電粒子の影像力の理論的解析を行った。

【0008】 アルファ線による単極化法は、粒子を拡散荷電によって帶電させるので、サブミクロン粒子の帶電

法として優れている。拡散荷電とは、エアロゾル粒子と単極化イオン間のブラウン運動による衝突で粒子を帶電させる現象である。しかし、アルファ線の飛程は小さいので、アルファ線単極化法は装置の大型化が難しく、エアロゾル大量処理には不向きである。

【0009】(c) 帯電フィルタ(静電気効果による捕集)

サブミクロン粒子をフィルタで効率良く捕集するには、フィルタ濾材の纖維径を細かくするとよいが、フィルタの圧力損失が大きくなり、処理量が低下して実用に供しない。そのため、誘起力をを利用してエアロゾルをフィルタで捕集する研究が行われ、帯電フィルタが商品化されている。

【0010】誘起力とは、無帶電のエアロゾル粒子が単極に荷電した物質に近づいた場合、粒子が逆の極性に分極して物質の表面に捕捉される力である。帯電フィルタは、纖維径が大きいので、フィルタ上にエアロゾルが堆積するとフィルタの電荷が中和され、著しい捕集効率の低下が問題になっている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明者らは、サブミクロンエアロゾル粒子の沈着や捕集を大幅に向上させることを目標として、「放射線によるエアロゾルの電離効果に関する研究」を行った結果、放射線の照射によりエアロゾルが高い捕集率で除去できることを見いだした。

【0012】放射線を雰囲気ガスに照射するとガスは正負のイオン対に電離する。この電離イオン対を正と負のイオンに分離して、どちらか一方のイオンをエアロゾルに作用させれば、イオンが拡散荷電の効果によりエアロゾル上に帶電し、単極に荷電したエアロゾル粒子が発生する。帯電したエアロゾル粒子は影像力の作用により強い力で物体の表面上に沈着できること、又は高い除去力でフィルタに捕集できることを実験的に明らかにした。この実験では、放射線により単極に荷電したエアロゾル粒子を逆の極性の金網電極に流し、フィルタによる捕集に匹敵する極めて高い沈着率を得た。

【0013】更に、帯電エアロゾルを高性能エアフィルタ(HEPA)で処理すると従来のフィルタ捕集率の約1000-10000倍の効率でエアロゾルが除去できた。

【0014】この方法は、工業的規模のエアロゾル除去の観点から広い波及効果が期待できる。例えば、原子力の分野では放射性可燃性廃棄物の焼却炉における煤煙処理に、環境保全の分野では火力発電所の排煙処理に、又空気浄化系の分野では半導体製造工業やバイオテクノロジー産業のクリンルームに応用できる。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、放射線をエアロゾル含有雰囲気ガスに照射してガスを正負のイオン対に電離させ、この電離イオン対を正と負のイオンに分離

してどちらか一方のイオンをエアロゾルに作用させ、このイオンをブラウン運動によりエアロゾル上に衝突(拡散荷電)させて単極に荷電したエアロゾル粒子を生成させ、この単極に荷電したエアロゾル粒子を影像力により物体の表面上に沈着させるか、又は逆の極性の電極若しくはHEPAフィルタに通すことにより、エアロゾル粒子を極めて高い沈着率で除去する方法である。

【0016】

【作用】本発明の原理を図1に基づいて説明する。アルファ線或いは電子線によるガンマ線の照射下にある金網電極1と放射線遮蔽された金網電極2との間に弱い直流電圧をかけ、照射された電極1から遮蔽された電極2の方向にエアロゾル含有雰囲気ガスを流す。電極1と電極2との間(単極化セルと呼ぶ)を流れる電流は放射線で電離された正と負のイオンの流れ(飽和電流)であり、強い電場で流れる電流(電界電流)とは本質的に異なるものである。

【0017】放射線により正と負に電離したイオンは、単極化セル内でブラウン運動によりエアロゾル粒子と衝突し、帯電エアロゾルとなる。正負両方に帯電したエアロゾルは、流れと共に遮蔽された電極2を通過する。電極2は遮蔽されているので、この領域の帯電エアロゾルは放射線により中和されることはない。

【0018】帯電エアロゾルが遮蔽された電極2を通過する際には、電極の極性が負であれば正粒子が、極性が正であれば負粒子が電極2上に沈着する。無帶電の粒子や放射線で中和された粒子は電極2に沈着することなく通過するが、電極2を通過したエアロゾル含有雰囲気ガス中には電極2の極性と同じ単極化したイオンが大量に存在するので、エアロゾル粒子は単極化イオンと衝突して正或いは負に帯電することになる。この単極に帯電したエアロゾル粒子は、影像力(静電気力)により強い力で物体の表面上に沈着するだけでなく、HEPAフィルタに流すと著しく捕集効率が向上する。

【0019】次に、本発明のフローシートを図2に基づいて説明する。ここでは、エアロゾルになり易いDOP(diocetyl phthalate)を採用し、定量式の注射器型ポンプPにDOPを貯めてエアロゾル発生器6に供給した。エアロゾル発生器内では、高純度アルゴンによりDOPが噴霧される。

【0020】噴霧されたエアロゾルのうち大粒子はトラップされ、1μm以下の粒子が発生する。噴霧されたエアロゾルは帯電している可能性があるので、2mCiの<sup>85</sup>Krエアロゾル中和器7を通して粒子の電荷を中和し、<sup>60</sup>Co照射装置8内に設置した単極化セル9に流した。単極化セルには、円筒状の金網電極と棒状の金網電極が設置されている。円筒状電極の領域はガンマ線が照射されているが、棒状の金網電極は鉛により遮蔽されている。単極化セルの電極には弱い直流電圧をかけられており、放射線の強さで決まる飽和電流が流れる。

【0021】エアロゾルは単極化セルの底部から入り、セル上部の棒状金網電極を通ってミキサー（MX-1）に入る。エアロゾルはミキサーで大量の空気により希釈されてHEPAフィルタ10に入る。フィルタ上流側のエアロゾルは、粒子数濃度測定のため空気で更に希釈されている。単極化セルの出入口、及びフィルタの前後はレーザー式光散乱エアロゾルモニターにて0.065-1.0  $\mu\text{m}$ までのサブミクロンエアロゾルの粒子数がカウントされている。

## 【0022】

【実施例】本発明では、定量式注射器型ポンプからDPをエアロゾル発生器に供給し、高純度アルゴンでDPを噴霧する。このエアロゾルは $^{60}\text{Co}$ 照射装置内に設置された単極化セル内に入り、 $\gamma$ 線で照射される。単極化セルの電極には、1000Vの直流電圧がかけられ、電流は放射線の強さで決まる飽和電流が流れる。図3に飽和電流と電圧の関係（プラトー特性）を示す。単極化セルを通過した帶電エアロゾルは、大量の空気で希釈されてHEPAフィルタに入る。

【0023】図4に $\gamma$ 線照射と電場が無い場合、普通の条件下的フィルタ上流側と下流側のエアロゾル粒度分布を示した。図中には、フィルタのDF値（上流側の粒子数／下流側の粒子数）も示されている。普通の条件下におけるHEPAフィルタのDF値は $\sim 10^3$ である。

【0024】図5に $\gamma$ 線照射下で棒状電極にマイナス電位をかけた場合（負のエアロゾル流出）の単極化セル出口のエアロゾル粒度分布を示した。負のエアロゾルが流出する場合には、エアロゾルの著しいセル内沈着（電極上）が起こる。

【0025】図6に正のエアロゾル（●）と負のエアロゾル（▲）の沈着のDF値を示した。0.4  $\mu\text{m}$ 以上の領域にある負のエアロゾル粒子のDF値は $10^3$ を超えており、HEPAフィルタのDF値を上回っている。

【0026】図7に正と負に単極化したエアロゾルの総括DF値を示した。総括DF値とは、 $^{60}\text{Co}$ 照射装置に入る以前のエアロゾル粒子数と照射されてHEPAフィルタを通過した帶電エアロゾルの粒子数の比率で定義されている。黒塗四角印で表した通常のフィルタDF値（ $\sim 10^3$ ）に比較して、正のエアロゾルのDF値（●）は $\sim 10^6$ 、負のエアロゾルのDF値（▲）は $10^7$ まで上昇している。

## 【0027】

【発明の効果】本発明は、放射線を雰囲気ガスに照射してガスを正負のイオン対に電離させ、この電離イオン対のどちらか一方をエアロゾルに作用させてエアロゾル粒子を単極に帶電させ、この帶電したエアロゾル粒子を沈着又は捕集することにより、極めて高効率でエアロゾル粒子を除去することができるという効果を生ずるものである。

## 【図面の簡単な説明】

10 【図1】 $\gamma$ 線照射下のエアロゾルの荷電を示す図である。

【図2】エアロゾル単極化装置のフローシートを示す図である。

【図3】飽和電流と電圧の関係（プラトー特性）を示す図である。

【図4】HEPAフィルタ前後のエアロゾル濃度分布とフィルタのDF値（電圧=0V、 $\gamma$ 線照射なし）を示す図である。

20 【図5】単極化セルの入口位置では内における無帶電粒子と出口位置の負帶電粒子のエアロゾル濃度分布を示す図である。

【図6】 $^{60}\text{Co}$ 照射下における負と正の帶電エアロゾルの単極化セル内沈着のDF値を示す図である。

【図7】帶電エアロゾルの総括DF値を示す図である。

## 【符号の説明】

1及び2 金網電極

3 正イオン

4 負イオン

5 エアロゾル

30 6 エアロゾル発生器

7 エアロゾル中和器

8  $^{60}\text{Co}$ 照射装置

9 単極化セル

10 HEPAフィルタ

DR 乾燥管

FM 流量計

F フィルタ

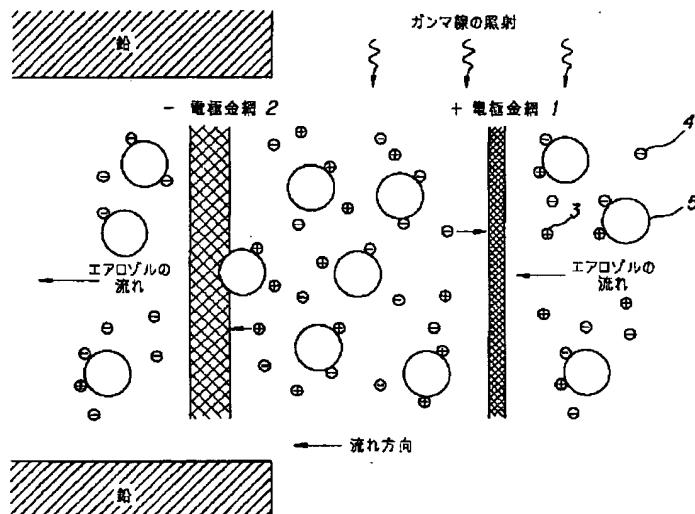
MX ミキサー

PG 差圧計

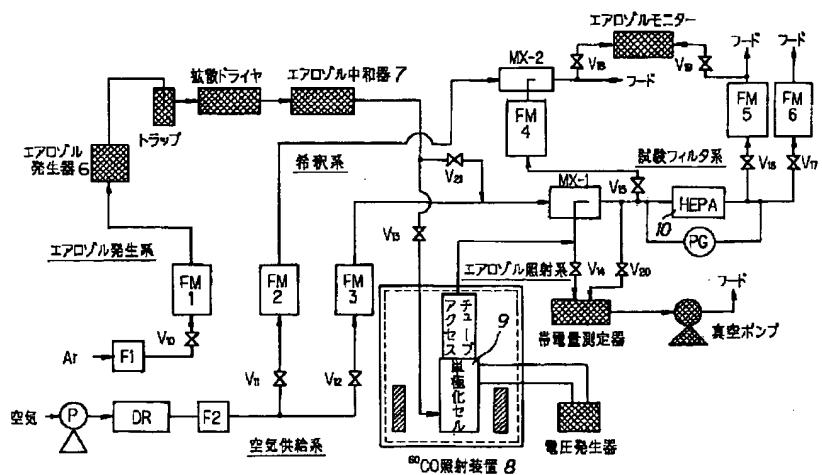
40 V バルブ

P ポンプ

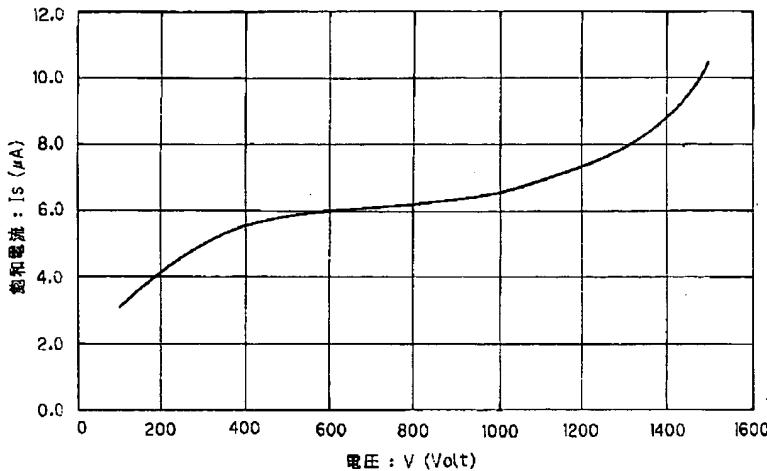
【図1】



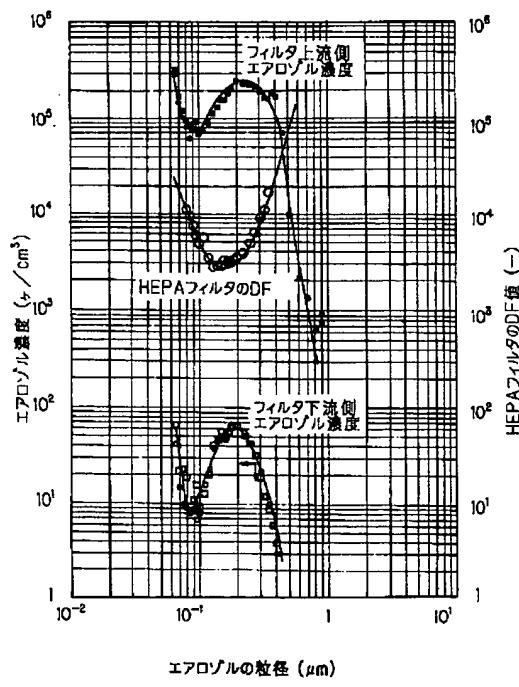
【図2】



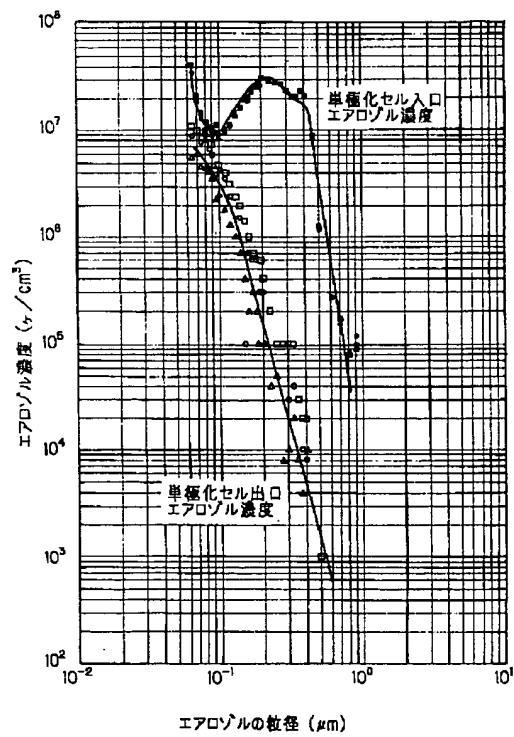
【図3】



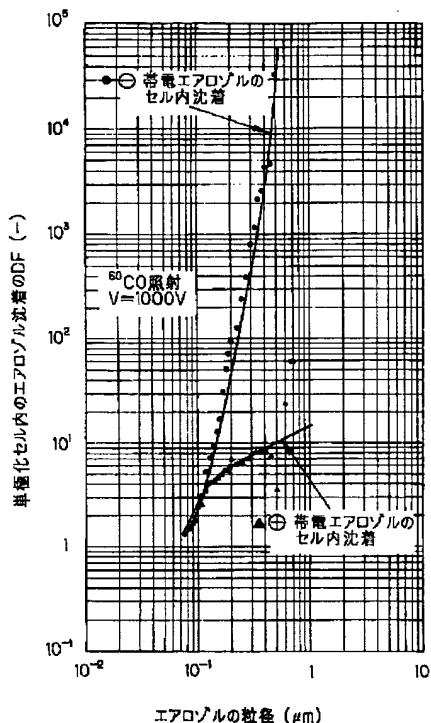
【図4】



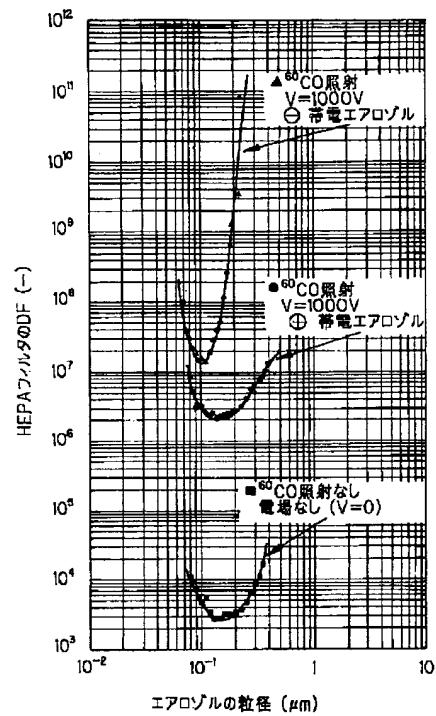
【図5】



【図6】



【図7】



## 【手続補正書】

【提出日】平成6年1月12日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項2

## 【補正方法】変更

## 【補正内容】

【請求項2】 エアロゾルを含有する雰囲気ガスに放射線を照射してガスを正負のイオン対に電離させ、この電離イオン対を正と負のイオンに分離してどちらか一方のイオンを前記放射線照射されたエアロゾルに作用させ、このイオンをエアロゾル上に作用させて単極に荷電したエアロゾル粒子を生成させ、この単極荷電エアロゾル粒子の静電気力作用により物体の表面に沈着させるか、又は逆の極性の電極に捕集することを特徴とする、請求項1に記載の方法。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

## 【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0004】 ガンマ線や電子線の照射領域は広いので、この成果は工業的規模のエアロゾル除去の観点から広い

波及効果を期待できる。例えば、半導体などの電子工業やバイオテクノロジー産業のクリンルームに利用できるだけでなく、高い濃度のエアロゾル処理にも適用できるので、火力発電所や一般工業の排煙処理などに利用できる。更に、原子力の分野では、低い放射能レベルの可燃性廃棄物の焼却処理のみならず、焼却処理が困難であった中放射能レベルの廃棄物焼却炉にも利用できる見込みを得ている。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

## 【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0016】

【作用】 本発明の原理を図1に基づいて説明する。ガンマ線或いは電子線によるベータ線の照射下にある金網電極1と放射線遮蔽された金網電極2との間に弱い直流電圧をかけ、照射された電極1から遮蔽された電極2の方向にエアロゾル含有雰囲気ガスを流す。電極1と電極2との間(単極化セルと呼ぶ)を流れる電流は放射線で電離された正と負のイオンの流れ(飽和電流)であり、強い電場で流れる電流(電界電流)とは本質的に異なるも

のである。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】次に、本発明のフローシートを図2に基づいて説明する。ここでは、エアロゾルになり易いDOP (dioctyl phthalate) を採用し、定量式の注射器型ポンプにDOPを貯えてエアロゾル発生器6に供給した。エアロゾル発生器内では、高純度アルゴンによりDOPが噴霧される。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0020

【補正方法】変更

【補正内容】

【0020】噴霧されたエアロゾルのうち大粒子はトラップされ、1 μm以下の粒子が発生する。噴霧されたエアロゾルは帯電している可能性があるので、2mCiの<sup>85</sup>Krエアロゾル中和器7を通して粒子の電荷を中和し、<sup>60</sup>Co照射装置8内に設置した単極化セル9に流した。単極化セルには、円筒状の金網電極と棒状の金網電極が設置されている。円筒状電極の領域はガンマ線が照射されているが、棒状の金網電極は鉛により遮蔽されている。単極化セルの電極には弱い直流電圧がかけられており、放射線の強さで決まる飽和電流が流れる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

\* 【補正内容】

【0024】図5にγ線照射下で棒状電極にマイナス電位をかけた場合（負のエアロゾル流出）の単極化セル入出口のエアロゾル粒度分布を示した。負のエアロゾルが流出する場合には、エアロゾルの著しいセル内沈着（電極上）が起こる。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正内容】

【0025】図6に正のエアロゾル（▲）と負のエアロゾル（●）の沈着のDF値を示した。0.4 μm以上の領域にある負のエアロゾル粒子のDF値は10<sup>3</sup>を超えており、HEPAフィルタのDF値を上回っている。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図5】単極化セルの入口位置における無帯電粒子と出口位置の負帯電粒子のエアロゾル濃度分布を示す図である。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図6】<sup>60</sup>Co照射下における負と正の帯電エアロゾルの単極化セル内沈着のDF値を示す図である。

\*

フロントページの続き

(72)発明者 村田 幹生

茨城県那珂郡東海村白方字白根2番地の4

日本原子力研究所東海研究所内

(72)発明者 阿部 仁

茨城県那珂郡東海村白方字白根2番地の4

日本原子力研究所東海研究所内